

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-093681

(43)Date of publication of application : 06.04.1999

(51)Int.Cl.

F02B 47/10  
F02B 37/00  
F02B 43/10  
F02M 21/02

(21)Application number : 09-275269

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 22.09.1997

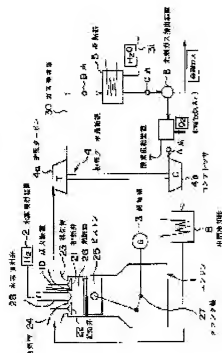
(72)Inventor : ISHIDA HIROYUKI  
TOSA YOZO

## (54) HYDROGEN-FUELED ENGINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a hydrogen-fueled engine capable of using operating gas whose ratio of specific heat is high, having the high thermal efficiency, and in which discharge of NOx is restrained, in an engine using hydrogen as fuel.

**SOLUTION:** A hydrogen-fueled engine is provided with a condenser 5 for condensing and liquefying water steam in exhaust gas from an engine 1 and discharging it outside a system, and for circulating non-condensed gas containing argon as oxygen and impure gas of oxygen allowed to flow in the system to the engine side, an excess gas discharging device 6 for discharging excess non- condensed gas fed out from the condenser 5 to the outside of the system, and an oxygen supplying device 7 for supplying oxygen and argon as impure gas of oxygen to the non-condensed gas to be circulated and for feeding it to an air supplying passage of the engine 1.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-93681

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月6日

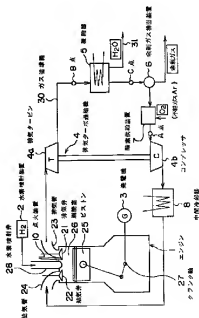
(51) Int.Cl. <sup>6</sup> F 0 2 B 47/10 37/00 43/10 F 0 2 M 21/02	識別記号 3 0 2	F I F 0 2 B 47/10 37/00 43/10 F 0 2 M 21/02 3 0 2 G B G
審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 10 頁)		
(21) 出願番号 特願平9-275269	(71) 出願人 000006208	
(22) 出願日 平成9年(1997) 9月22日	三菱重工業株式会社	
	東京都千代田区丸の内二丁目5番1号	
	(72) 発明者 石田 裕幸	
	長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工	
	業株式会社社長崎研究所内	
	(72) 発明者 土佐 陽三	
	長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工	
	業株式会社社長崎研究所内	
	(74) 代理人 弁理士 高橋 昌久 (外1名)	

(54) 【発明の名称】 水素エンジン

(57) 【要約】

【課題】 水素を燃料とするエンジンにおいて、比熱比の高い作動ガスを使用可能として熱効率が高く、かつNOxの排出が抑制された水素エンジンを得る。

【解決手段】 水素エンジンにおいて、前記エンジンからの排気ガス中の水蒸気を凝縮液化して系外に排出するとともに酸素及び酸素の不純ガスとして系内に入ったアルゴンを含む凝縮ガスをエンジン側へ循環させる凝縮器と、前記凝縮器から送出された非凝縮ガスのうちの余剰分を系外に排出する余剰ガス排出装置と、前記循環される非凝縮ガスに酸素及び酸素の不純ガスとしてのアルゴン进行供給して前記エンジンの給気通路に送る酸素供給装置とを備える。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸素を含む給気が導入される燃焼室内に水素を供給し、前記酸素を酸化剤として水素を燃焼させる水素エンジンにおいて、

前記エンジンからの排気ガスを冷却し、排気ガス中の水蒸気を凝縮液化して非凝縮作動ガスと分離して系外に排出するとともに酸素及び該酸素の不純ガスとして系内に入ったアルゴンを含む非凝縮ガスを前記エンジン側へ循環させる凝縮器と、

前記凝縮器から送出された非凝縮ガスのうちの余剰分を系外に排出する余剰ガス排出装置と、

前記循環される非凝縮ガスに酸素及び該酸素の不純ガスとしてのアルゴンを供給して前記エンジンの給気通路に送る酸素供給装置とを備え、

前記エンジンの排気口から凝縮器、余剰ガス排出装置、酸素供給装置の順に経てエンジンの給気口に至る作動ガスの循環路を構成したことを特徴とする水素エンジン。

【請求項 2】 排気タービンと該排気タービンに同軸駆動されるコンプレッサとを備えた排気ターボ過給機を前記循環路に設け、前記エンジンからの排気ガスで前記排気タービンを駆動し、該駆動後の排気ガスを前記凝縮器に導き、

前記酸素供給装置からの作動ガスを前記コンプレッサで加圧してエンジンの給気口に送るようにした請求項 1 記載の水素エンジン。

【請求項 3】 前記循環路の前記凝縮器の上流側に排気ガスによって駆動されるタービン発電機を設けてなる請求項 1 あるいは 2 に記載の水素エンジン。

【請求項 4】 前記循環路のタービン発電機の上流側部位から該タービン発電機をバイパスして前記凝縮器の上流部位に接続されるバイパス路を設けるとともに、該バイパス路の入口に、該バイパス路あるいはタービン発電機への排気ガスの流通、遮断を切り換える切換弁を設けた請求項 3 記載の水素エンジン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は水素を燃料とする水素エンジン、特に水素を燃焼室内に直接噴射し、点火装置によって着火・燃焼させる水素ディーゼルエンジンに関する。

【0002】

【従来の技術】 図 3 は水素を燃料とする水素ディーゼルエンジンに関する従来技術の 1 例を示す構成図である。図 3 において、1 はエンジンで、ピストン 25、クランク軸 27、給気弁 22、排気弁 21 等を備えている。26 は該エンジン 1 のシリンダ内の前記ピストン 25 の上部に形成される燃焼室である。

【0003】 2 は燃料となる水素の噴射を行なう水素噴射装置、28 は該水素噴射装置に接続される水素噴射弁で、該水素噴射弁 28 は前記燃焼室 26 内に臨んで設け

2

られ、該燃焼室 26 内に水素を噴射するようになってい。10 は前記燃焼室 26 に臨んで設けられた点火装置で、燃焼室 26 内に噴射された水素に点火し燃焼させるものである。24 は前記エンジン 1 の燃焼室 26 へ空気を送給するための給気管、23 は燃焼室 26 内の燃焼ガスを排出するための排気管である。

【0004】 4 は、排気タービン 4a 及びこれに直結駆動されるコンプレッサ 4b かなる排気ターボ過給機である。該過給機 4 の排気タービン 4a 入口には前記排気管 23 が接続されている。8 は中間冷却器で、前記コンプレッサ 4b とエンジン 1 の給気弁 22 との間の前記給気管 24 中に設けられ、コンプレッサ 4b の出口の空気を冷却するものである。3 は発電機で前記エンジン 1 のクランク軸 27 に直結され、該エンジン 1 の動力によって駆動される。

【0005】 かかる従来の水素ディーゼルエンジンの運転時において、後述する排気ターボ過給機 4 から給気管 24 及び給気弁 22 を経て燃焼室 26 内に供給された燃焼用酸素を含む空気がピストン 25 の上昇（圧行程）によって圧縮されて高圧化される。そして、かかる燃焼室 26 内の高圧空気中に、水素噴射装置 2 において高圧化された水素が水素噴射弁 28 から噴射され、次いでこの水素は点火装置 10 によって点火されて、空気中の酸素との共燃によって放熱燃焼せしめられ、ピストン 25 への膨張仕事を生ずる。

【0006】 前記ピストン 25 の動力はクランク軸 27 を経て発電機 3 に伝達され、発電仕事をなす。一方、排気弁 21 が開弁すると、燃焼によって生じた排気ガスは排気管 23 を通って排気ターボ過給機 4 の排気タービン 4a に導かれて該排気タービン 4a にて膨張仕事をなした後、外部に排出される。また、前記排気タービン 4a の回転力はコンプレッサ 4b に伝達され、該コンプレッサ 4b は燃焼用の空気を加圧して空気冷却器（中間冷却器）8 に送る。該空気冷却器 8 において所定の温度まで冷却された空気は給気管 24 を通り、給気弁 22 の開弁とともに燃焼室 26 内に供給され、前記のようにして水素の燃焼に供される。

【0007】 また、かかる水素エンジンとして、不活性ガス循環水素燃料エンジンが特開平 2-11826 号にて提案されている。かかる水素エンジンにおいては、熱膨張媒体として二酸化炭素ガスを用い、燃焼で生じた燃焼ガスを系外に排出することなく、該燃焼ガスを冷却して水分を凝縮させ、液体（水）として循環させている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 水素を燃料とするディーゼルエンジンは、燃料成分に炭素を含まないため、二酸化炭素、未燃炭化水素及び煤の排出が無いという低公害エンジンとしての大きな長所を有しているが、燃焼温度が高いため、排気ガス中の窒素酸化物（NOx）の濃度が高いため、これを低減することを要するという課題

50

を抱えている。

【0009】かかる課題に対処するものとして前述の特開平2-11826号の発明が提案された。即ち本先行技術は、前記のように、燃焼を生じた燃焼ガスを系外に排出することなく、燃焼ガスに含まれる水分を凝縮させて液体（水）として循環させている。しかしながら、かかる先行技術においては、二酸化炭素を作用ガスとして循環させているので、系外に $\text{CO}_x$ を排出とする有害物を排出せず、排気ガスが清浄なエンジンではあるが、3原子分子である二酸化炭素を作用ガスとするため、比熱比（ $K$ ）が小さくそのため、熱機関としての効率即ち熱効率が空気を作用ガスとするエンジンに較べて低くなるという問題点を有している。

【0010】本発明はかかる従来技術の課題に鑑み、水素を燃料とするエンジンにおいて、比熱比の高い作用ガスを使用可能にして熱効率が高く、かつ $\text{NO}_x$ の排出が抑制された水素エンジンを得ることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明はかかる課題を解決するため、その第1発明として、酸素を含む給気が導入される燃焼室内に水素を供給し、前記酸素を酸化剤として水素を燃焼させる水素エンジンであって、前記エンジンからの排気ガスを冷却し、排気ガス中の水蒸気を凝縮液化して非凝縮作用ガスと分離して系外に排出するとともに酸素及び該酸素の不純ガスとして系外に入ったアルゴンを含む非凝縮ガスを前記エンジン側へ循環させる凝縮器と、前記凝縮器から送出された非凝縮ガスの中の余剰分を系外に排出する余剰ガス排出装置と、前記循環される非凝縮ガスに酸素及び該酸素の不純ガスとしてのアルゴンを供給して前記エンジンの給気通路に送る酸素供給装置とを備え、前記エンジンの排気口から凝縮器、余剰ガス排出装置、酸素供給装置の順を経てエンジンの給気口に至る作用ガスの循環路を構成したことを特徴とする水素エンジン提案する。

【0012】また、好ましくは前記第1発明に加えて、排気タービンと該排気タービンに同軸駆動されるコンプレッサとを備えた排気ターボ過給機を前記循環路に設け、前記エンジンからの排気ガスで前記排気タービンを駆動し、該駆動後の排気ガスを前記凝縮器に導き、前記酸素供給装置からの作用ガスを前記コンプレッサで加圧してエンジンの給気口に送るよう構成する。

【0013】かかる第1発明によれば、エンジンの排気口から排気ターボ過給機の排気タービン、凝縮器、余剰ガス排出装置、酸素供給装置、前記過給機のコンプレッサを経てエンジンの給気口に至る、クローズドディーゼルサイクルからなる作用ガスの循環路を構成し、該循環路中に酸素供給装置にて燃焼用酸素とともに不純ガスとして比熱比（ $K$ ）の高いアルゴン（ $\text{Ar}$ ）を供給し、作用ガス内に含有させて循環させることにより、作用ガスの比熱比を高く保持することができる。これにより水素

エンジンの熱効率を高く保持することができる。

【0014】また、燃焼用酸素の製造時に含有されているアルゴンを該酸素とともに作用ガス循環等に供給するので、格別なアルゴンの製造設備を必要とすることなく、所要のアルゴンを得ることができる。

【0015】また第2発明は、前記第1発明に加えて、前記循環路の前記凝縮器の上流側に排気ガスによって駆動されるタービン発電機を設け、さらに好ましくは、前記循環路のタービン発電機の上流側部位から該タービン発電機をバイパスして前記凝縮器の上流部位に接続されるバイパス路を設けるとともに、該バイパス路の入口に、該バイパス路あるいはタービン発電機の排気ガスの流通、遮断を切り換える切換弁を設ける。

【0016】かかる第2発明によれば、排気ターボ過給機を駆動後の作用ガスでタービン発電機を駆動し膨張仕事をなす。これによって、タービンで発電機にて作用ガスのエネルギーを回収することにより、プランクの出力が増大し、効率が向上するとともに、前記タービン発電機における膨張仕事により作用ガスの圧力及び温度レベルが低下するので凝縮器の伝熱面積を小さくすることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態を例示的に詳しく説明する。但しこの実施形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定の記載がないかぎり、この発明の範囲をそれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

【0018】図1は、本発明の第1実施形態に係る水素ディーゼルエンジンの構成図である。図1において、1はエンジンであり、ピストン2・5、クランク軸2・7、給気弁2・2、排気弁2・1等を備えるとともに、シリンダ内の前記ピストン2・5の上には燃焼室2・6が形成されている。

【0019】2は燃料となる水素の噴射を行なう水素噴射装置、2・8は該水素噴射装置2に接続される水素噴射弁で、該水素噴射弁2・8は前記燃焼室2・6内に直んで設けられ、該燃焼室2・6内に前記燃料水素を噴射するようになっている。10は前記燃焼室2・6に臨んで設けられた点火装置で、燃焼室2・6内に噴射された水素に点火し燃焼させるものである。2・4は前記エンジン1の燃焼室2・6へ作用ガスを送給するための給気管、2・3は燃焼室2・6内の燃焼ガスを排出するための排気管である。

【0020】4は排気タービン4・a及びこれに直結駆動されるコンプレッサ4・bからなる排気ターボ過給機である。過給機4の排気タービン4・a入口には前記排気管2・3が接続されている。8は中間冷却器で、前記排気ターボ過給機4のコンプレッサ4・bとエンジン1の給気弁2・2との間の前記給気管2・4中に設けられ、コンプレッサ4・b出口の作用ガスを冷却するものである。3は発電機

で前記エンジン 1 のクランク軸 27 に直結され、該エンジン 1 の動力によって駆動される。以上の構成は図 3 に示す従来技術の水素ディーゼルエンジンと同様である。

【0021】本発明の実施形態においては、排気ターボ過給機の排気タービン駆動後の排気ガスを、酸素供給装置を介してエンジン 1 の給気系に循環するように構成している。即ち図 1 において、30 は排気タービン 4 a のガス出口とコンプレッサ 4 b のガス入口と接続するガス循環路 30 である。5 は該ガス循環路 30 の排気タービン 4 a 出口側に設けられた凝縮器で、排気タービン 4 a 出口の排気ガス（作動ガス）を冷却水にて冷却するものである。

【0022】前記ガス循環路 30 の凝縮器 5 の下流には余剰ガス排出装置 6 及び酸素供給装置 7 が順に配設され、該酸素供給装置 7 の出口が前記コンプレッサ 4 b の吸入口に接続されている。前記余剰ガス排出装置 6 は、前記酸素供給装置 7 により供給される供給酸素の製造時に微量含まれているアルゴン（Ar）等の不純ガスがガス循環系内に混入するが、この混入量に等しい量の余剰ガスを常時外部に排出するものである。

【0023】前記酸素供給装置 7 は、燃焼に必要な酸素、つまり酸素製造装置（不図示）により製造され、アルゴン（Ar）を不純ガスとして含有する酸素を、ガス循環路 30 の排気ターボ過給機 4 のコンプレッサ 4 b の吸入口側へ供給するものである。

【0024】かかる構成からなる水素ディーゼルエンジンの運転時において、排気ターボ過給機 4 のコンプレッサ 4 b には、後述する循環作動ガスに酸素供給装置 7 にて酸素（O<sub>2</sub>）が供給され、予混合された酸素富化状態にある作動ガスが吸入される。前記酸素供給装置 7 における供給酸素にはこれの製造時の不純ガスとして少量のアルゴン（Ar）が含まれており、従って上記酸素の供給により該アルゴンが混入された作動ガスが系内を循環することとなる。

【0025】前記酸素富化作動ガスは前記コンプレッサ 4 b によって圧縮され昇圧された後、中間冷却器 8 にて冷却・降温され、給気管 24 に入り、給気弁 22 の開弁とともに燃焼室 26 内に導入される。この作動ガスはピストン 25 の上昇（圧縮行程）によって圧縮され高圧化される。

【0026】そして、かかる燃焼室 26 内の高圧作動ガス中に、水素噴射装置 22 において高圧化された水素が水素噴射弁 28 から噴射され、次いでこの水素は点火装置 10 によって点火されて、作動ガス中の酸素との共燃によって拡散燃焼せしめられ、ピストン 25 に膨張仕事をを行なう。前記ピストン 25 の動力はクランク軸 27 を経て発電機 31 に伝達され、発電機 31 をなす。

【0027】一方、排気弁 21 が開弁すると、燃焼による排気ガス即ち作動ガスは排気管 23 を通って排気ターボ過給機 4 の排気タービン 4 a に導かれて該排気ター

ン 4 a にて膨張仕事をなした後、ガス循環路 30 を通って凝縮器 5 に入る。

【0028】そして該排気ガスは凝縮器 5 にて冷却される。該凝縮器 5 においては、上記冷却により排気ガス中に含まれる燃焼生成物である水蒸気を凝縮液化して非凝縮ガスと分離し、液体のみを排出管 31 から外部に排出せしめる。前記凝縮器 5 における非凝縮の作動ガスは余剰ガス排出装置 6 にて余剰分が排出される。即ち該余剰ガス排出装置 6 においては、前記酸素供給装置 7 における供給酸素に含まれる不純ガスとしてのアルゴン（Ar）の混入量に等しい量のガスを常時系外に排出する。

【0029】以上のように、本発明の実施形態においては、エンジン 1 の排気弁 21 から排気タービン 4 a、凝縮器 5、余剰ガス排出装置 6、酸素供給装置 7、コンプレッサ 4 b、空気冷却器 8 を経てエンジン 1 の給気弁 22 に至るクロウズドディーゼルサイクルからなるガス循環路 30 を循環する作動ガス中に比熱比（K）の大きいアルゴン（Ar）を含有し、該アルゴンの濃度を高く保持できるので、作動ガスの比熱比が拡大となり、エンジン 1 の効率が向上する。

【0030】図 2 は、本発明の第 2 実施形態に係る水素ディーゼルエンジンの構成図である。この実施形態では、ガス循環路 30 の排気ターボ過給機 4 の排気タービン 4 a の出口にタービン発電機 9 及び切換弁 32 を設けている。

【0031】即ち、図 2 において、32 は前記ガス循環路 30 の排気タービン 4 a の出口に設けられた切換弁である。そして該切換弁 32 の下流側の循環路 31 にはタービン発電機 9 が設けられるとともに、該切換弁 32 からタービン発電機 9 をバイパスするバイパス管 29 が設けられている。

【0032】かかる第 2 実施形態において、排気タービン 4 a を駆動した作動ガス（排気ガス）は切換弁 32 の切り換えにより循環路 31 を通ってタービン発電機 9 に導かれてこれを駆動し膨張仕事をなす。該タービン発電機 9 を駆動して圧力及び温度が低下した作動ガスは凝縮器 5 に入って前記第 1 実施形態と同様な凝縮作用がなされる。また、前記切換弁 32 をバイパス管 29 側に切り換えれば、作動ガス（排気ガス）はタービン発電機 9 をバイパスし膨張仕事をなすことなく凝縮器 5 に導かれる。

【0033】この実施形態においては、排気ターボ過給機 4 を駆動した後の作動ガス（排気ガス）でタービン発電機 9 を駆動し膨張仕事をなすので、タービン発電機 9 によって作動ガスのエネルギーを回収することによりプラントの出力が増大し効率が上昇するとともに、タービン発電機 9 を駆動することにより、作動ガスの圧力及び温度レベルが低下するので、凝縮器 5 の伝熱面積を小さくすることができる。

【0034】

【実施例】次に図1に示す第1実施形態による実施例を説明する。この実施例においては、図1のA点（コンプレッサ4bの入口）、B点（凝縮器5の入口）及びC点（凝縮器5の出口）における循環ガス流量バランスを計算している。

【0035】まず、酸素供給装置7における供給酸素純度（全体を1とする）を次のように表わす。

\* 酸素  $O_2 : x$   
 窒素  $N_2 : z$   
 アルゴン  $Ar : 1 - x - z$   
 以下、水素 ( $H_2$ ) 1モルに対する各部の流量をバランスさせる。

【0036】

【表1】

（A点において）

目標 $O_2$ 濃度を $\phi$ 、空気過剰率を $\lambda$ 、残留 $N_2$ モル比を $y$ とする。

理論酸素量  $L_0 = 0.5 \text{ mol/mol}$

	モル数 (mol/mol-H <sub>2</sub> )
H <sub>2</sub> O	0
O <sub>2</sub>	$\lambda L_0$
N <sub>2</sub>	$\frac{y}{\phi} \lambda L_0$
Ar	$\frac{1 - \phi - y}{\phi} \lambda L_0$
全体	$\frac{\lambda L_0}{\phi} = M_0$

【0037】

※ ※ 【表2】

（B点において）

	モル数 (mol/mol-H <sub>2</sub> )
H <sub>2</sub> O	1
O <sub>2</sub>	$(\lambda - 1)L_0$
N <sub>2</sub>	$\frac{y}{\phi} \lambda L_0$
Ar	$\frac{1 - \phi - y}{\phi} \lambda L_0$
全体	$1 - L_0 + \frac{\lambda L_0}{\phi} = M_1$

【0038】

★ ★ 【表3】

（C点において）

	モル数 (mol/mol-H <sub>2</sub> )
H <sub>2</sub> O	0
O <sub>2</sub>	$(\lambda - 1)L_0$
N <sub>2</sub>	$\frac{y}{\phi} \lambda L_0$
Ar	$\frac{1 - \phi - y}{\phi} \lambda L_0$
全体	$\frac{\lambda L_0}{\phi} - L_0 = M_2$

【0039】

【表4】

(再度 A 点において)

1 サイクル前と全モル数が必要。

H<sub>2</sub> 1 モルに対して、O<sub>2</sub> m モル供給循環率  $\alpha$ 排出率  $1-\alpha$ 

	モル数 (mol/mol-H <sub>2</sub> )	前サイクル モル数 (mol/mol-H <sub>2</sub> )
H <sub>2</sub> O	0	0
O <sub>2</sub>	$\alpha(\lambda-1)L_0 + m$	$\lambda L_0$
N <sub>2</sub>	$\alpha \frac{y}{\phi} \lambda L_0 + \frac{z}{\phi} m$	$\frac{y}{\phi} \lambda L_0$
Ar	$\alpha \frac{1-\phi-y}{\phi} \lambda L_0 + \frac{1-x-z}{x} m$	$\frac{1-\phi-y}{\phi} \lambda L_0$
全体	$\alpha \left( \frac{\lambda L_0}{\phi} - L_0 \right) + \frac{m}{x} = M'_0$	$\frac{\lambda L_0}{\phi} = M_0$

【0040】以上「表1」乃至「表4」から、A点にお \* 【0041】

ける各組成が等しいことより、以下の式「数1」が得ら 【数1】

れる。

$$\text{作動ガス循環率 } \alpha = \frac{(x-\phi)\lambda}{(x-\phi)\lambda + (1-x)\phi} \quad *20$$

$$\text{余剰ガス排出率 } 1-\alpha = \frac{(1-x)\phi}{(x-\phi)\lambda + (1-x)\phi}$$

$$\text{供給O}_2\text{量 } m = \lambda L_0 - \frac{(x-\phi)\lambda}{(x-\phi)\lambda + (1-x)\phi} (\lambda-1)L_0$$

$$\text{残留N}_2\text{濃度 } y = \frac{(1-\phi)}{(1-x)} z$$

【0042】かかる式を用いて、次々例をとって計算を行なう。例として、

燃焼前O<sub>2</sub> 温度:  $\phi = 0.21$ 空気過剰率:  $\lambda = 2.35$ とす。また、供給O<sub>2</sub> 純度を既存技術による代表的数値として次のように仮定する。O<sub>2</sub>:  $x = 0.97$ N<sub>2</sub>:  $z = 0.0015$ Ar:  $1-x-z = 0.0285$ 

このとき、

作動ガス循環率:  $a = 0.9965$ 余剰ガス排出率:  $1-a = 0.0035$ H<sub>2</sub> 1 モルに対する必要供給O<sub>2</sub> 量 (不純ガスを含む):  $m = 0.5024 \text{ (mol/mol-H}_2\text{)}$ A点に於ける作動ガスのモル分率は次のようになる。O<sub>2</sub> 濃度:  $\phi = 0.21$ N<sub>2</sub> 濃度:  $y = 0.395$ Ar 濃度:  $1-\phi-y = 0.7505$ 

【0043】以上の計算結果のように、系内の作動ガスは、酸素 (O<sub>2</sub>)、アルゴン (Ar)、および、窒素 (N<sub>2</sub>) がある比率でバランスすることになる。上記計算結果より明らかなように、この実施形態に係るシステムは、系を循環する作動ガス中のアルゴン (Ar) 濃度を高く保持することができる。これによって、特別にアルゴン供給設備を用意する必要が無く、比熱比 ( $\gamma$ ) の高いアルゴン (Ar) の濃度を高く保持することができ、これによってエンジンサイクルの熱効率を高くすることができる。

【0044】なお、ガス循環系内の作動ガス濃度は比較的短時間でバランスするため、エンジンの始動時のみ系内に空気を満たしておけば、数分で作動ガスが置換され、定常状態のアルゴン濃度となる。また、水素 (H<sub>2</sub>) と酸素 (O<sub>2</sub>) の燃焼で生じるのは水蒸気のみであり、排出物としてはこれを凝縮器5で凝縮して液体の水

として系外に排出すればよい。また、酸素供給装置7にて供給された酸素( $O_2$ )中の窒素( $N_2$ )は低濃度に保たれるため、これの燃焼で生じる $NO_x$ の排出量は極めて低く保持でき、クリーンなエンジンシステムとすることが可能となる。

【0045】

【発明の効果】以上記載のごとく本発明によれば、エンジンの排気口から凝縮器、余剰ガス排出装置及び酸素供給装置を経て、好ましくはその中間に排気ターボ過給機を介して、エンジンの給気口に至るクローズドディーゼルサイクルからなる作動ガスの循環路を構成し、該循環中に酸素供給装置にて燃焼用酸素とともにこれの製造時における不純ガスとして比熱比の高いアルゴンを供給し、作動ガス内に含有させて循環させることにより、作動ガスの比熱比を高く保持してエンジンを運転することができる。これにより従来の二酸化炭素を作動ガスとするものに較べ水素エンジンの熱効率を向上させることができる。

【0046】また、該エンジン作動ガスの系外への排出は凝縮器で凝縮された水のみであり、また酸素供給装置にて供給された酸素中の窒素は低濃度に保たれるので、これの燃焼で生じる $NO_x$ の排出量は極めて低くなり、排気の清浄なエンジンが得られる。

【0047】また請求項3及び4の発明によれば、排気ターボ過給機で膨張仕事をなした作動ガスをタービン発電機でさらに膨張仕事をさせるので、タービン発電機でのエネルギー回収によりプラントの効率が向上するとともに、前記タービン発電機における膨張仕事により作動ガスの圧力及び濃度レベルが低下するので、凝縮器の伝熱面積を小さくすることができ、凝縮器を小型化することができる。これによりエンジンプラントの設置コストが低減される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る水素ディーゼルエンジンの構成図である。

【図2】本発明の第2実施形態に係る図1に対応する図である。

【図3】従来の水素ディーゼルエンジンに係る図1に対応する図である。

【符号の説明】

- |    |              |
|----|--------------|
| 1  | エンジン         |
| 2  | 水素噴射装置       |
| 3  | 発電機          |
| 4  | 排気ターボ過給機     |
| 4a | 排気タービン       |
| 4b | コンプレッサ       |
| 5  | 凝縮器          |
| 6  | 余剰ガス排出装置     |
| 7  | 酸素供給装置       |
| 8  | 空気冷却器(中間冷却器) |
| 9  | タービン発電機      |
| 10 | 点火装置         |
| 21 | 排気弁          |
| 22 | 給気弁          |
| 23 | 排気管          |
| 24 | 給気管          |
| 25 | ピストン         |
| 26 | 燃焼室          |
| 27 | クランク軸        |
| 28 | 水素噴射弁        |
| 29 | バイパス管        |
| 30 | ガス循環路        |
| 31 | ガス循環路        |
| 32 | 切換弁          |

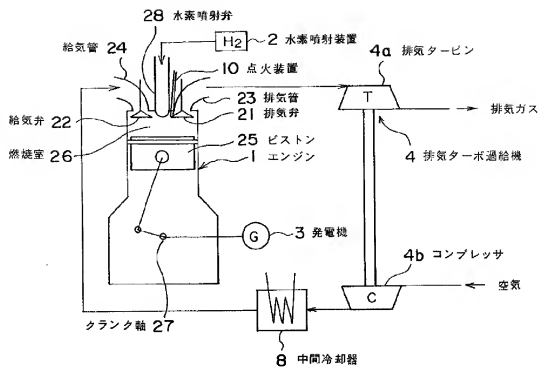


28 水素噴射弁  
24 給気管  
2 水素噴射装置  
10 点火装置  
23 排気弁  
21 排気弁  
26 燃焼室  
25 ピストン  
22 給気弁  
30 ガス循環路  
4a 排気タービン  
4 排気タービン送給機  
5 圧縮機  
31 H<sub>2</sub>O  
C点  
6 余剰ガス排出装置  
余剰ガス  
7 酸素供給装置  
A点  
C 酸素供給装置  
4b コンプレッサ  
8 エンジン  
27 エンジン  
クランク軸  
中間冷却器  
(不純ガスAr)  
O<sub>2</sub>

The diagram illustrates a gas turbine engine system for a power plant. The main components and their functions are as follows:

- 28 水素噴射弁 (Hydrogen Injection Valve):** Injects hydrogen into the combustion chamber.
- 24 給気管 (Air Supply Pipe):** Supplies air to the combustion chamber.
- 10 点火装置 (Ignition Device):** Initiates combustion in the combustion chamber.
- 23 排気管 (Exhaust Pipe):** Removes exhaust from the combustion chamber.
- 21 排気弁 (Exhaust Valve):** Controls the flow of exhaust from the combustion chamber.
- 26 燃焼室 (Combustion Chamber):** The central area where fuel is burned.
- 25 ピストン (Piston):** Converts the energy from combustion into mechanical work.
- 22 検気弁 (Gas Check Valve):** Monitors the gas pressure in the combustion chamber.
- 3 発電機 (Generator):** Converts mechanical energy into electrical energy.
- 1 エンジン軸 (Engine Shaft):** The main shaft of the engine.
- 27 クラランク軸 (Crankshaft):** Converts the reciprocating motion of the piston into rotational motion.
- 4b コンプレッサ (Compressor):** Compresses the intake air.
- 7 酸素供給装置 (Oxygen Supply Device):** Supplies oxygen to the combustion chamber.
- 4 排気タービン過給機 (Exhaust Turbine Supercharger):** Boosts the exhaust pressure.
- 29 バイパス管 (Bypass Pipe):** Allows gas to bypass the turbine.
- 32 切換弁 (Switch Valve):** Controls the flow of gas between different parts of the system.
- 5 凝結器 (Condenser):** Condenses the exhaust gas.
- 31 H<sub>2</sub>O (Water):** The condensed water from the condenser.
- 6 余剰ガス排出装置 (Excess Gas Discharge Device):** Removes excess gas from the system.
- 30 ガス循環路 (Gas Circulation Path):** The overall path of gas flow through the system.
- 9 タービン発電機 (Turbine Generator):** A separate turbine generator unit.
- 8 中間冷却器 (Intermediate Cooler):** Cools the gas between the compressor and the combustion chamber.
- 3 発電機 (Generator):** Another generator unit shown in the diagram.
- 4a 排気タービン装置 (Exhaust Turbine Device):** A device connected to the exhaust turbine.
- 31 余剰ガス (Excess Gas):** The gas that is not used in the combustion process.
- 31 (不純ガスAr) (Impure Gas Ar):** A specific type of excess gas, likely Argon.

【図3】



【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 5 部門第 1 区分  
 【発行日】平成 14 年 1 月 23 日 (2002. 1. 23)

【公開番号】特開平 11-93681  
 【公開日】平成 11 年 4 月 6 日 (1999. 4. 6)  
 【年通号数】公開特許公報 11-937  
 【出願番号】特願平 9-275269  
 【国際特許分類第 7 版】

F02B 47/10  
 37/00 302  
 43/10

F02M 21/02

【F I】

F02B 47/10  
 37/00 302 G  
 43/10 B  
 F02M 21/02 G

【手続補正書】

【提出日】平成 13 年 6 月 12 日 (2001. 6. 12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】かかる課題に対処するものとして前述の特開平 2-11826 号の発明が提案された。即ち本先行技術は、前記のように、燃焼で生じた燃焼ガスを系外に排出することなく、燃焼ガス中に含まれる水分を凝縮させて液体（水）として循環させている。しかしながら、かかる先行技術においては、二酸化炭素を作用ガスとして循環させているので、系外に NOx を始めとする有害物を排出せず、排気ガスが清浄なエンジンではあるが、3 原子分子である二酸化炭素を作用ガスとするため、比熱比 ( $\kappa$ ) が小さくそのため、熱機関としての効率即ち熱効率が空気を作用ガスとするエンジンに較べて低くなるという問題点を有している。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】かかる第 1 発明によれば、エンジンの排気口から排気ターボ過給機の排気タービン、凝縮器、余剰ガス排出装置、酸素供給装置、前記過給機のコンプレッサを経てエンジンの給気口に至る、クロズドディーゼルサイクルからなる作用ガスの循環路を構成し、該循環路中に酸素供給装置にて燃焼用酸素とともに不純ガスと

して比熱比 ( $\kappa$ ) の高いアルゴンを供給し、作用ガス内に含有させて循環させることにより、作用ガスの比熱比を高く保持することができる。これにより水素エンジンの熱効率を高く保持することができる。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】前記酸素循環路 30 の凝縮器 5 の下流には余剰ガス排出装置 6 及び酸素供給装置 7 が順に配設され、該酸素供給装置 7 の出口が前記コンプレッサ 4 b の吸入口に接続されている。前記余剰ガス排出装置 6 は、前記酸素供給装置 7 により供給される供給酸素の製造時に微量量含まれているアルゴン等の不純ガスがガス循環系内に混入するが、この混入量に等しい量の余剰ガスを常時外部に排出するものである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】前記酸素供給装置 7 は、燃焼に必要な酸素、つまり酸素製造装置（不図示）により製造され、アルゴンを不純ガスとして含有する酸素を、ガス循環路 30 の排気ターボ過給機 4 のコンプレッサ 4 b の吸入口側へ供給するものである。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】かかる構成からなる水素ディーゼルエンジンの運転時において、排気ターボ過給機4のコンプレッサ4bには、後述する循環作動ガスに酸素供給装置7にて酸素が供給され、予混合された酸素富化状態にある作動ガスが吸入される。前記酸素供給装置7における供給酸素にはこれの製造時の不純ガスとして少量のアルゴンが含まれており、従って上記酸素の供給により該アルゴンが混入された作動ガスが系内を循環することとなる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正内容】

【0028】そして該排気ガスは凝縮器5にて冷却される。該凝縮器5においては、上記冷却により排気ガス中に含まれる燃焼生成物である水蒸気を凝縮液化して非凝縮ガスと分離し、液体のみを排出管31から外部に排出せしめる。前記凝縮器5における非凝縮の作動ガスは余剰ガス排出装置6にて余剰分が排出される。即ち該余剰ガス排出装置6においては、前記酸素供給装置7における供給酸素に含まれる不純ガスとしてのアルゴンの混入量に等しい量的气体を常時系外に排出する。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】以上のように、本発明の実施形態においては、エンジン1の排気弁21から排気タービン4a、凝縮器5、余剰ガス排出装置6、酸素供給装置7、コンプレッサ4b、空気冷却器8を経てエンジン1の給気弁22に至るクロースドディーゼルサイクルからなるガス循

環路30を循環する作動ガス中に比熱比( $\kappa$ )の大きいアルゴンを含出し、該アルゴンの濃度を高く保持できるので、作動ガスの比熱比が大となり、エンジン1の効率が増上する。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正内容】

【0043】以上の計算結果のように、系内の作動ガスは、酸素( $O_2$ )、アルゴン(Ar)、および、窒素( $N_2$ )がある比率でバランスすることになる。上記計算結果より明らかなように、この実施形態に係るシステムは、系を循環する作動ガス中のアルゴン濃度を高く保持することができる。これによって、特別にアルゴン供給設備を用意する必要が無く、比熱比( $\kappa$ )の高いアルゴンの濃度を高く保持することができ、これによってエンジンサイクルの熱効率を高くすることができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正内容】

【0044】なお、ガス循環系内の作動ガス濃度は比較的短時間でバランスするため、エンジンの始動時のみ系内に空気を満たしておけば、数分で作動ガスが置換され、定常状態のアルゴン濃度となる。また、水素と酸素の燃焼で生じるのは水蒸気のみであり、排出物としてはこれを凝縮器5で凝縮して液体の水として系外に排出すればよい。また、酸素供給装置7にて供給された酸素中の窒素は低濃度に保たれるため、これの燃焼で生じる $NO_x$ の排出量は極めて低く保持でき、クリーンなエンジンシステムとすることが可能となる。